

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. März 2002 (28.03.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/25065 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F01D 5/22, S/20, 11/08, F16J 15/447**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB01/01750

(22) Internationales Anmelde datum: 24. September 2001 (24.09.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
100 47 307.5 25. September 2000 (25.09.2000) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ALSTOM (SWITZERLAND) LTD [CH/CH]**
Haselstrasse 16, CH-5401 Baden (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BEECK, Alexander** [DE/US]; 516 Spring Island Way, Orlando, FL 32828 (US). **BENEDETTI, Bruno** [CH/CH]; Lindenstrasse 9, CH-5430 Wettingen (CH). **KIENINGER, Andreas** [DE/CH]; Flurstrasse 4, CH-5415 Nussbaumen (CH). **RATHMANN, Ulrich** [DE/CH]; Sonnenmattstrasse 1, CH-5400 Baden (CH).

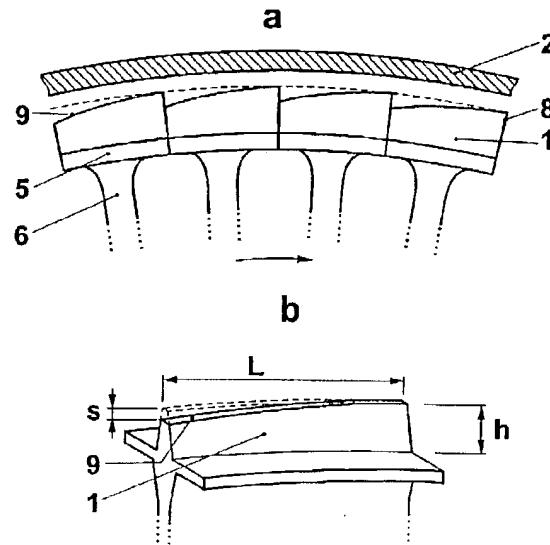
(74) Anwälte: **PÖPPER, Emanuela usw.**; c/o Alstom (Schweiz) AG, Intellectual Property CHSP, Haselstrasse 16/699/5, OG, CH-5401 Baden (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (national): **AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN,**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SEAL SYSTEM

(54) Bezeichnung: DICHTUNGSAORDNUNG



(57) **Abstract:** The invention relates to a seal system, which is provided between a rotating subassembly (4, 6) and a static subassembly (3, 14, 15). In this seal system, the rotating subassembly (4, 6, 16) comprises at least one blade-shaped element (1), which protrudes inside a counter running surface (2) on the static component. The inventive seal system is characterized in that the blade-shaped element (1) is provided as a metal-cutting means with a geometrically specified blade located across from the counter running surface (2) or it forms a metal-cutting means of this type as the rotating subassembly rotates. The inventive seal system reduces wear to the blade-shaped element also under unfavorable rotation conditions or temperature conditions.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/25065 A1



MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Dichtungsanordnung, die zwischen einer rotierenden Baugruppe (4, 6) und einer statischen Baugruppe (3, 14, 15) ausgebildet ist. Bei dieser Dichtungsanordnung weist die rotierende Baugruppe (4, 6, 16) zumindest ein schneidenförmiges Element (1) auf, das in eine Gegenlauffläche (2) am statischen Bauteil eingreift. Die vorliegende Dichtungsanordnung zeichnet sich dadurch aus, dass das schneidenförmige Element (1) als spanabhebendes Mittel mit geometrisch bestimmter Schneide gegenüber der Gegenlauffläche (2) ausgebildet ist oder bei Rotation der rotierenden Baugruppe ein derartiges spanabhebendes Mittel ausbildet. Durch die vorgeschlagene Dichtungsanordnung wird der Verschleiß des schneidenförmigen Elementes auch bei ungünstigen Rotations- oder Temperaturbedingungen vermindert.

DichtungsanordnungTechnisches Anwendungsgebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Dichtungsanordnung, die zwischen einer um eine Rotationsachse rotierenden Baugruppe und einer statischen Baugruppe ausgebildet ist, insbesondere als Bestandteil einer Strömungsmaschine, und ein oder mehrere schneidenförmige Elemente an der rotierenden Baugruppe und eine Gegenlauffläche an der statischen Baugruppe aufweist, wobei die ein oder mehreren schneidenförmigen Elemente während der Rotation der rotierenden Baugruppe in die Gegenlauffläche eingreifen.

Die vorliegende Dichtungsanordnung findet insbesondere Anwendung zur Reduzierung von Leckströmen innerhalb einer Strömungsrotationsmaschine, beispielsweise einer axialen Turbomaschine, die beispielsweise zwischen den Laufschaufeln und dem Gehäuse oder zwischen Laufschaufeln und benachbarten Leitschaufeln auftreten können.

Stand der Technik

Der Wirkungsgrad einer axial durchströmten Gasturbine wird unter anderem durch Leckströme des komprimierten Gases beeinflusst, die zwischen rotierenden und nicht rotierenden Komponenten der Turbine auftreten. Einen Einfluss auf die Größe der Leckströme hat hierbei der zwischen den Enden der

- 2 -

Laufschaufeln und der die Laufschaufeln umgebenden Gehäusewand auftretende Spalt. Durch Verkleinerung bzw. Abdichtung dieses Spaltes kann der Wirkungsgrad der Gasturbine erhöht werden. Aufgrund der beim Betrieb der 5 Turbine auftretenden Kräfte sowie der thermischen Belastung kann der Spalt jedoch nicht beliebig klein gewählt werden. Zur Verminderung der Leckströme in diesen Bereichen sind unterschiedliche Dichtungsmechanismen bekannt.

10

So beschreibt die DE 198 48 103 A1 eine Dichtungsanordnung zur Reduzierung von Leckströmen innerhalb einer Strömungsrotationsmaschine, bei der zwischen Leit- und/oder Laufschaufeln und benachbarten Komponenten der Strömungsmaschine ein filzartiges Material als Dichtelement vorgesehen ist, das die axialen Spaltströmungen des Heissgases reduziert.

Eine häufig eingesetzte Technik zur Verminderung 20 der Leckströme in axialen Rotationsmaschinen ist in der DE 198 21 365 A1 beschrieben. Bei dieser Technik werden Dichtstellen zwischen dem Gehäuse und dem Rotor als so genannte Labyrinthdichtungen ausgeführt. Bei diesen Labyrinthdichtungen sind am Rotor bzw. den mit dem 25 Rotor verbundenen Laufschaufeln ein oder mehrere schneidenförmige Elemente ausgebildet, die während der Rotation in Gegenlaufflächen an der Gehäusewandung eingreifen. Als besonders vorteilhaft hat sich hierbei die Ausbildung der Gegenlaufflächen in Form von 30 Wabendichtungen, so genannten Honey-Comb-Dichtungen, herausgestellt.

Eine als Labyrinthdichtung ausgeführte Dichtungsanordnung mit derartigen in Wabenstruktur ausgebildeten

Gegenlaufflächen bei einer Gasturbine ist auch in der US 5,967,745 näher erläutert.

Beim erstmaligen Betrieb einer Gasturbine mit einer derartigen Dichtungsanordnung muss durch die schneidenförmigen Elemente an den Laufschaufeln jedoch zunächst Material aus der Gegenlauffläche abgetragen werden, um die ineinander greifende Struktur zur Erzielung der Dichtungswirkung zu erzeugen. Auch während des Betriebes kommt die Gegenlauffläche aufgrund der bei unterschiedlichen Belastungen auftretenden unterschiedlichen Kräfte und thermischen Deformationen häufig mit den schneidenförmigen Elementen in Kontakt. Hierbei muss sichergestellt sein, dass sich die schneidenförmigen Elemente der Laufschaufeln nicht verstärkt abnutzen.

Daher wird einerseits versucht, diese Abnutzung durch die Wahl eines gegenüber der Gegenlauffläche deutlich härteren Materials für die schneidenförmigen Elemente der Laufschaufeln zu vermindern. Andererseits ist beispielsweise aus der US 5,952,110 bekannt, die schneidenförmigen Elemente mit einer abrasiven Beschichtung zu versehen, bei der abrasive Teilchen aus der Oberfläche des schneidenförmigen Elementes hervorstehen. Durch diese abrasiven Partikel wird die Gegenlauffläche in dem entsprechenden Bereich abgeschliffen.

Das schneidenförmige Element, das in der Regel durch das Deckband oder den Schaufelfuß der Laufschaufeln gebildet wird oder auf diesen aufsitzt, greift bei den obigen Anordnungen in die Gegenlauf- fläche ein, um die dichtende Wirkung zu erzielen. Durch axiale und radiale Dehnungen während des Betriebs der

- 4 -

Strömungsmaschine arbeitet sich die Gegenlauffläche sowohl in radialer wie auch in axialer Richtung ab, wobei die schneidenförmigen Elemente des Deckbandes oder des Schaufelfußes der Laufschaufeln keine Abnutzung 5 erfahren sollten, um die Balance des Rotors nicht zu stören.

Bei längerer Betriebsweise von Gasturbinenanlagen mit derartigen Dichtungsanordnungen wurde jedoch festgestellt, dass sich die Richtung der Abnutzung bei 10 ungünstigen Temperaturverhältnissen oder bestimmten Umfangsgeschwindigkeiten im Betrieb umkehren kann, so dass sich der rotierende Teil abnutzt, während die Gegenlauffläche, insbesondere bei Wabenstrukturen, annähernd unversehrt bleibt.

15

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine verbesserte Dichtungsanordnung zu schaffen, bei der die Abnutzung der rotierenden Baugruppen, insbesondere der schneidenförmigen Elemente dieser 20 Baugruppen, auch bei ungünstigen Umdrehungs- und Temperaturverhältnissen deutlich vermindert ist.

Wege zur Ausführung der Erfindung

25 Die Aufgabe wird mit der Dichtungsanordnung gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Dichtungsanordnung sind Gegenstand der Unteransprüche.

30 Die vorliegende Dichtungsanordnung ist zwischen einer um eine Rotationsachse rotierenden Baugruppe und einer statischen Baugruppe ausgebildet und insbesondere Bestandteil einer Strömungsmaschine. Bei der Dichtungs-

anordnung greifen ein oder mehrere schneidenförmige Elemente an der rotierenden Baugruppe in eine Gegenlauffläche an der statischen Baugruppe ein, wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist. Die 5 vorliegende Dichtungsanordnung zeichnet sich dadurch aus, dass zumindest eines der schneidenförmigen Elemente gegenüber der Gegenlauffläche als spanabhebendes Mittel mit geometrisch bestimmter Schneide ausgebildet ist oder sich bei Rotation der rotierenden 10 Baugruppe zu einem ein derartigen Mittel ausbildet.

Erfindungsgemäß wurde demnach erkannt, dass durch eine spezielle geometrische Ausbildung des schneidenförmigen Elementes die Abnutzung dieses Elementes auch bei ungünstigen Betriebsverhältnissen der zugrunde 15 liegenden rotierenden Baugruppe verringert werden kann.

Während bei den bekannten Dichtungsanordnungen an Laufschaufeln die schneidenförmigen Elemente in Umfangsrichtung derart hintereinander angeordnet sind, 20 dass sie gegenüber der Gegenlauffläche eine im Wesentlichen glatte Oberfläche bieten, bildet bei der vorliegenden Dichtungsanordnung zumindest eines der schneidenförmigen Elemente ein spanabhebendes Mittel gegenüber der Gegenlauffläche aus. Hierfür muss dieses 25 schneidenförmige Element gegenüber der Gegenlauffläche einen Schneidekeil bilden, der gegenüber den benachbarten Flächen entsprechend hervorsteht. Dies kann einerseits durch Ausbildung einer entsprechenden geometrisch bestimmten Schneide an dem jeweiligen 30 schneidenförmigen Element erfolgen. Andererseits kann dies auch - besonders im Falle des durch das Deckband der Laufschaufel gebildeten schneidenförmigen Elementes - durch Ausbildung des gesamten schneidenförmigen

- 6 -

Elementes in Form einer geometrisch bestimmten Schneide erfolgen, die bei Rotation der rotierenden Baugruppe die spanabhebende Funktion gegenüber der Gegenlauf- fläche erfüllt.

5 Im Gegensatz zu der aus dem Stand der Technik bekannten abrasiven Beschichtung mit hervorstehenden abrasiven Partikeln, die eine geometrisch unbestimmte Schneide darstellen, wird bei der vorliegenden Dichtungsanordnung durch eine besondere Ausgestaltung 10 und/oder Anordnung des schneidenförmigen Elementes eine geometrisch bestimmte Schneide eingesetzt. Dies hat den Vorteil eines geringeren Wirkungsverlustes, da sich gerade die bekannten abrasiven Partikel im Laufe des Betriebes leicht von der Oberfläche lösen können, so 15 dass die Schleifwirkung verloren geht.

In einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Dichtungsanordnung zur Abdichtung zwischen den Laufschaufeln und dem benachbarten Gehäuse eingesetzt. Die Deckbänder der Laufschaufeln sind hierbei als Schneiden ausgebildet, die gegenüber der bekannten Ausführung dieser Schneiden an ihrer Oberseite entgegen der Rotationsrichtung abgeschrägt sind, so dass sie eine Spanfläche und eine 25 Freiformfläche gegenüber der Gegenlauffläche aufweisen. Auf diese Weise entsteht aufgrund der Aneinanderreihung dieser Deckbänder in Umfangsrichtung ein Sägezahnprofil, das die spanabhebende Wirkung an der Gegenlauf- fläche bewirkt.

30 Da diese Abschrägung der schneidenförmigen Elemente der Deckbänder einen keilförmigen Spalt zwischen dem jeweiligen Deckband und der Gegenlauf- fläche und damit eine Erhöhung von Leckströmen zur

- 7 -

Folge hat, wird in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform eine Anordnung der Deckbänder realisiert, bei der diese Deckbänder hinsichtlich ihrer Befestigung an der Laufschaufel gezielt aus der Balance 5 gebracht sind. Durch die nicht ausbalancierten Deckbänder, die nicht in ihrem Schwerpunkt sondern in Umfangsrichtung vor ihrem Schwerpunkt mit den Laufschaufeln verbunden sind, schließt sich der keilförmige Spalt aufgrund der bei der Rotation auftretenden 10 Zentrifugalkräfte während des Betriebs der Rotationsstufe automatisch. Die spanabhebende Wirkung dieser Anordnung besteht daher nur in einem Bereich geringer Umlaufgeschwindigkeit der rotierenden Bauteile, während sich bei höheren Umlaufgeschwindigkeiten die dichtende 15 Wirkung erhöht.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird das Schließen dieser keilförmigen Spalte während des Betriebs der rotierenden Baugruppe durch thermische Deformation erreicht. Hierbei wird ausgenutzt, dass die 20 thermische Belastung der rotierenden Baugruppe bei Gasturbinen nicht über die gesamte Laufschaufel und deren Deckband gleich ist, sondern eine bestimmte Verteilung aufweist. Durch Ausnutzung dieser ortsabhängigen thermischen Belastung kann eine gezielte 25 Deformation der Laufschaufeln mit dem Deckband erreicht werden, bei der sich der keilförmige Spalt schließt.

Diese Deformation sowie die Ausnutzung nicht ausbalancierter Deckbänder kann auch dafür ausgenutzt 30 werden, die spanabhebende Wirkung der schneidenförmigen Elemente erst durch die Rotation der Baugruppe zu ermöglichen. Hierbei werden die schneidenförmigen Elemente aufgebaut, wie dies bereits aus dem Stand der

Technik bekannt ist. Durch gezielte Abweichung von einer ausbalancierten Anordnung der Deckbänder kann erreicht werden, dass sich die Deckbänder mit den schneidenförmigen Elementen mit ihrem in Umfangsrichtung vorderen Bereich radial nach außen biegen, so dass hierdurch ein Freiwinkel gegenüber der Gegenlauffläche entsteht. Die gesamte Anordnung zeigt daher erst bei genügend hoher Umlaufgeschwindigkeit das gewünschte sägezahnartige Profil.

10

Selbstverständlich ist es zur Ausnutzung des erfindungsgemäß beabsichtigten spanabhebenden Effektes nicht erforderlich, dass sämtliche schneidenförmigen Elemente diese spanabhebende Funktion aufweisen.

15

Vielmehr genügt es auch, wenn nur eines der Deckbänder der rotierenden Stufe ein derartiges Element aufweist.

20

In einer weiteren Ausführungsform können die schneidenförmigen Elemente, die als spanabhebendes Mittel mit geometrisch bestimmter Schneide ausgebildet sind, zusätzlich an ihren Schneideecken partiell gehärtet werden. Dieses partielle Härteten kann durch Maßnahmen erfolgen, wie sie aus der Werkzeugtechnik bekannt sind, so beispielsweise durch das Aufbringen einer Cr- oder TiN-Schicht oder anderer Beschichtungen, die für hohe Temperaturen geeignet sind, z.B.

25

Hardalloy-h, SiC, Al₂O₃. Das partielle Härteten der Schneideecken bewirkt ein automatisches Nachschärfen dieser Schneideecken während des Betriebes, so dass die spanabhebende Wirkung auch nach längerer Betriebszeit noch gewährleistet ist.

- 9 -

Die vorliegende Dichtungsanordnung eignet sich insbesondere für Strömungsmaschinen, wie beispielsweise Gasturbinen, und kann vor allem zwischen den Laufschaufel spitzen und der Gehäuseinnenwandung, zwischen 5 den Laufschaufelfüßen und benachbarten Leitschaufeln, zwischen Wärmestausegmenten des Rotors und benachbarten Laufschaufeln oder zwischen Wärmestausegmenten und einer Gehäuseinnenwandung eingesetzt werden. Grundsätzlich sind sie für jede Form der Abdichtung zwischen 10 einer rotierenden Baugruppe und einer statischen Baugruppe geeignet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

15 Die vorliegende Dichtungsanordnung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens nochmals näher erläutert. Hierbei zeigen:

20 Fig. 1a-c: ein Beispiel für die Wirkungsweise und den Aufbau einer Labyrinthdichtung mit Wabenstruktur gemäß dem Stand der Technik bei Gasturbinen;

25 Fig. 2a/b: ein Beispiel für die Ausbildung der schneidenförmigen Elemente der Deckbänder einer Turbinenstufe als Bestandteil der vorliegenden Dichtungsanordnung;

Fig. 3: eine Ausführungsform zur Veranschaulichung 30 der Wirkungsweise eines nicht ausbalancierten Deckbandes bei der vorliegenden Dichtungsanordnung;

- 10 -

Fig. 4: ein Beispiel für eine Ausgestaltung des schneidenförmigen Elementes eines Deckbandes, das erst bei Rotation der Baugruppe die spanabhebende Wirkung entfaltet;

5

Fig. 5a-e: mehrere Beispiele für auf das Deckband aufgesetzte oder integrierte Schneiden zur Realisierung der vorliegenden Dichtungsanordnung;

10 Fig. 6: ein Beispiel für die Kombination eines nicht ausbalancierten Deckbandes mit einer in das Deckband integrierten Schneide;

Fig. 7: ein weiteres Beispiel für die Ausbildung der geometrisch bestimmten Schneide im Deckband einer Laufschaufel;

15

Fig. 8: schematisch eine Darstellung der partiell gehärteten Bereiche einer Schneide zum Einsatz in der vorliegenden Dichtungsanordnung; und

20 Fig. 9: ein Beispiel für unterschiedliche Bereiche innerhalb einer Gasturbine in denen die vorliegende Dichtungsanordnung eingesetzt werden kann.

25 Wege zur Ausführung der Erfindung

Figur 1a zeigt ein Beispiel für den Aufbau einer Dichtungsanordnung in einer Turbinenstufe einer Gasturbine. Die dargestellte Dichtungsanordnung wird 30 durch eine Gegenlauffläche 2 in Wabenstrukturform als Beispiel auf dem statischen Bauteil 3, hier der

- 11 -

Gehäusewandung, und einem schneidenförmigen Element 1 am Deckband 5 einer rotierenden Laufschaufel 6 gebildet. Die Drehrichtung der Laufschaufel 6 um die Rotations- bzw. Rotorachse 7 ist mit einem Pfeil 5 angedeutet. In Figur 1b ist die einschneidende Wirkung des schneidenförmigen Elementes 1 in die Gegenlauf- fläche 2 veranschaulicht. Durch axiale sowie radiale Dehnungen der Laufschaufel 6 während des Betriebes der Gasturbine arbeitet sich die Gegenlauffläche 2 sowohl 10 in axialer wie auch in radialer Richtung ab.

In Figur 1c ist ein Beispiel für den Aufbau einer zur Bildung der Gegenlauffläche eingesetzten Waben- struktur in Draufsicht zu erkennen.

15 Das schneidenförmige Element 1 stellt bei dieser bekannten Dichtungsanordnung das abrasive Element dar, während das Material der Gegenlauffläche 2 das abzutragende Material darstellt. Zur Vermeidung eines dieser Wirkungsweisen umkehrenden Mechanismus, der bei un- 20 günstigen Umdrehungsgeschwindigkeiten und Temperatur- verhältnissen auftreten kann, wird die erfindungsgemäße Dichtungsanordnung vorgeschlagen, die nachfolgend anhand von mehreren Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren 2 bis 9 erläutert wird.

25 Diese Ausführungsbeispiele beziehen sich jeweils auf eine besondere Ausbildung des schneidenförmigen Elementes eines Deckbandes einer Laufschaufel. Selbstverständlich lassen sich die geometrischen Ausführungen dieses schneidenförmigen Elementes ebenso 30 auf andere Teile rotierender Baugruppen übertragen. Weiterhin sind auch mehrere hintereinander geschaltete Schneiden oder schneidenförmige Elemente möglich.

- 12 -

Figur 2a zeigt einen Ausschnitt aus einer Laufschaufelreihe einer Gasturbine, bei der das Deckband 5 an der radialen Spitze der Laufschaufeln 6 als schneidenförmiges Element 1 ausgebildet ist. Die 5 Deckbänder können hierbei im axialen Schnitt eine Form aufweisen, wie sie im Zusammenhang mit Figur 1 beispielhaft dargestellt ist. Die Rotationsrichtung ist wiederum durch den Pfeil angedeutet. Bei dieser beispielhaften Ausgestaltung der vorliegenden 10 Dichtungsanordnung ist die Gegenlauffläche 2 als Wabenstruktur ausgebildet. Die schneidenförmigen Elemente 1 der Deckbänder 5 der Laufschaufeln sind in diesem Beispiel jeweils an ihrer Oberseite abgeschrägt, so dass sie eine Spanfläche 8 sowie eine Freifläche 9 15 gegenüber der Gegenlauffläche 2 bilden. Der schraffierte Bereich zeigt hierbei die gegenüber der üblichen Ausbildung derartiger Elemente geänderte Form auf. Die Gegenlauffläche 2 ist in dieser Abbildung nur zur übersichtlicheren Darstellung von den schneidenförmigen Elementen 1 beabstandet dargestellt. 20

Durch diese Ausbildung der schneidenförmigen Elemente als spanabhebendes Mittel mit geometrisch bestimmter Schneide wird während der Rotation der Laufschaufeln eine spanabhebende Wirkung erzielt, die 25 eine deutlich verminderte Abnutzung auch bei ungünstigen Umdrehungsgeschwindigkeiten und Temperaturverhältnissen ermöglicht.

Die Ausgestaltung der schneidenförmigen Elemente 30 zur Erzielung dieser Zerspanungsgeometrie ist in Figur 2b nochmals anhand eines der schneidenförmigen Elemente in perspektivischer Ansicht dargestellt. Die gestrichelte Linie gibt hierbei die Abschrägung

gegenüber einem aus dem Stand der Technik bekannten herkömmlichen derartigen Element an. Bei einer üblichen Höhe h und Länge L dieses schneidenförmigen Elementes, wie sie bei bekannten Gasturbinenanordnungen in der 5 ersten Turbinenstufe vorliegen, erfüllt das Maß bzw. die Höhendifferenz s der Abschrägung, wie sie in der Figur dargestellt ist, vorzugsweise die Bedingung: $0,01 h \leq s \leq 0,5 h$. In der Regel führt dies zu einer Höhendifferenz s im Bereich von 0,1 bis 10 mm. Eine 10 derartige Geometrie des schneidenförmigen Elementes wird bereits bei der Herstellung der Turbinenschaufel berücksichtigt und kann auch durch gezielte Nachbearbeitung erreicht werden.

15 Figur 3 zeigt eine vorteilhafte Ausführungsform, bei der sich die bei einer Ausgestaltung der schneidenförmigen Elemente gemäß Figur 2 ergebende erhöhte Leckage zwischen dem Deckband 5 und der gegenüberliegenden Gehäusewandung 3 vermieden wird. Bei dieser 20 Ausführungsform ist die Schneidengeometrie genau so gewählt, wie sie bereits im Zusammenhang mit Figur 2 erläutert wurde. Durch geeignete Berücksichtigung der bei der Rotation auftretenden thermischen Deformationen oder durch gezielte nicht ausbalancierte Anordnung der 25 Deckbänder 5 an der Schaufel 6 kann erreicht werden, dass sich der durch die Schrägen entstehende keilförmige Spalt zwischen der Gegenlauffläche 2 und dem schneidenförmigen Element 1 - in Figur 2a durch den schraffierten Bereich angedeutet - nach Durchfahren 30 eines kritischen Drehzahlbereiches oder Temperaturbereiches aufgrund der angreifenden Kräfte bzw. thermischen Deformation schließt. Dieser Mechanismus ist in Figur 3 durch die Pfeile an den

Schneiden 1 schematisch angedeutet, die eine Drehung oder Biegung des Deckbandes 5 um die Aufhängungs- bzw. Verbindungsmittealachse 10 der Verbindung mit den Laufschaufeln 6 während der Rotation zeigen. Diese 5 Biegung, die wie bereits oben erwähnt auch thermisch herbeigeführt werden kann, führt zum Schließen des keilförmigen Spaltes mit dem Freiformwinkel α , wobei die Figur bereits den Zustand nach Schließen des Spaltes zeigt.

10

Figur 4 zeigt eine Ausführungsform, bei der das schneidenförmige Element 1 im Ruhezustand der Gasturbine kein spanabhebendes Mittel mit geometrisch bestimmter Schneide ausbildet, sondern ausgeformt ist, 15 wie dies bei den bekannten Anordnungen des Standes der Technik bekannt ist. Durch geeignete Anbringung dieses schneidenförmigen Elementes 1 bzw. des Deckbandes 5 mit diesem schneidenförmigen Element an der Laufschaufel 6 kann erreicht werden, dass sich der in Umlaufrichtung 20 vordere Teil des schneidenförmigen Elementes 1 bei Rotation der Laufschaufel 6 in radialer Richtung bewegt, so dass er mit der dadurch aufragenden Schneidecke 11 die spanabhebende Wirkung erzielt. Bei dieser Ausgestaltung wird das Deckband 5 nicht ausbalanciert, 25 sondern dessen Schwerpunkt in Umlaufrichtung vor der Längsachse der Laufschaufel 6 gelegt.

Figur 5 zeigt drei Beispiele, bei denen das schneidenförmige Element 1 mit einem gesonderten 30 Schneidzahn 12 versehen ist. In den Figuren 5a und 5b ist hierbei in Seitenansicht und in Draufsicht ein Schneidzahn 12 zu erkennen, der sich in geeigneter Weise von der Fläche des schneidenförmigen Elementes

- 15 -

abhebt. Neben dieser Anbringung des Schneidezahns 12 im in Umlaufrichtung vorderen Bereich des schneidenförmigen Elementes 1 kann dieser, wie in den Figuren 5c und 5d in Seitenansicht und in Draufsicht gezeigt ist, 5 auch beispielsweise mittig aufgesetzt werden.

Figur 5e zeigt eine weitere Ausgestaltung, bei der der Schneidezahn 12 im vorderen Teil des schneidenförmigen Elementes 1 integriert ist.

Die geometrische Ausgestaltung dieses Schneidezahns 10 muss selbstverständlich dergestalt erfolgen, dass die spanabhebende Wirkung gegenüber der Gegenlauffläche 2 zumindest während eines Geschwindigkeitsbereiches der Rotation erfüllt wird. Geeignete geometrische Formen sind aus der Werkzeugtechnik bekannt. 15 Weiterhin ist es möglich, mehrere dieser Schneidzähne 12 an einem schneidenförmigen Element 1 anzubringen.

Figur 6 zeigt ein weiteres Beispiel, bei dem ein gesonderter Schneidezahn 12 im oberen Bereich des 20 schneidenförmigen Elementes 1 ausgebildet ist. Bei dieser Ausgestaltung wird zusätzlich das Deckband 5 nicht ausbalanciert, wobei dessen Schwerpunkt in Umlaufrichtung gegenüber der Befestigungsmittelachse an der Laufschaufel 6 nach hinten verschoben ist. Durch 25 diese Ausgestaltung bewegt sich der hintere Teil des schneidenförmigen Elementes 1 während der Rotation gegen die Gegenlauffläche, um so die spanabhebende Wirkung zu verstärken.

30 Figur 7 zeigt eine weitere Ausgestaltung des schneidenförmigen Elementes einer erfindungsgemäßen Dichtungsanordnung in Seitenansicht und in Draufsicht. Bei dieser Ausgestaltung ist die in Umlaufrichtung

vordere Ecke des schneidenförmigen Elementes seitlich angeschärft oder ausgebogen, wie dies in Draufsicht gut zu erkennen ist. Durch dieses seitliche Anschärfen oder Ausbiegen wird die gewünschte spanabhebende Funktion 5 gegenüber der Gegenlauffläche bewirkt.

Figur 8 zeigt ein Beispiel einer Ausbildung des schneidenförmigen Elementes, bei der die Spanfläche 8 gegenüber dem restlichen Bereich gehärtet ist. Der 10 gehärtete Bereich ist mit Bezugszeichen 13 angedeutet. Durch dieses partielle Härtung der Schneide wird ein automatisches Nachschärfen durch Abnutzung der Freifläche 9 erzielt.

15 Figur 9 zeigt schließlich schematisch unterschiedliche Bereiche einer Gasturbine, in denen die vorliegende Dichtungsanordnung eingesetzt werden kann. So sind in der Figur die Rotationsachse 7, eine Laufschaufel 6, eine Leitschaufel 14, das umgebende Gehäuse 20 15 sowie das Rotorwärmestausegment (RWSS) 16 dargestellt. Zur Vermeidung von Leckströmen in axialer Richtung ist das Deckband der Laufschaufel 6 mit zwei schneidenförmigen Elementen 1 ausgebildet, die in entsprechende Gegenlaufflächen 2 am Gehäuse 15 eingreifen (hier aus Übersichtlichkeitsgründen nicht 25 dargestellt). Diese Dichtungsanordnung am Schaufeldeckband kann mit den erfindungsgemäß vorgeschlagenen Schneiden realisiert werden.

Eine weitere Dichtung zwischen dem Schaufelfuß 17 30 der Laufschaufel und der benachbarten Leitschaufel 14 bei balkonartiger Ausführung des Schaufelfußes 17 ist ebenfalls ein Anwendungsbeispiel für die vorliegende Dichtungsanordnung. In diesem Fall sind die beiden

- 17 -

schneidenförmigen Elemente 1 am Schaufelfuß 17 gegenüber der an der Leitschaufel 14 ausgebildeten Gegenlauffläche 2 entsprechend geformt, um die beschriebene spanabhebende Funktion zu erzielen.

5 Ein weiteres Anwendungsbeispiel für die vorliegende Dichtungsanordnung liegt in der Abdichtung zwischen dem Wärmestausegment 16 des Rotors und den statischen Leitschaufeln 14. Auch in diesem Fall sind die am Wärmestausegment 16 ausgebildeten schneidenförmigen Elemente 1 gemäß der vorliegenden Erfindung 10 ausgebildet.

Es versteht sich von selbst, dass die in diesem Ausführungsbeispiel sowie in den vorangehenden Ausführungsbeispielen dargestellte Anzahl der schneidenförmigen Elemente, die nebeneinander in die Gegenlaufflächen eingreifen, nicht auf die jeweils dargestellte Anzahl beschränkt sind. Die Anzahl dieser schneidenförmigen Elemente spielt bei der Realisierung der 20 vorliegenden Erfindung keine Rolle.

In gleicher Weise ist es unerheblich, ob jeweils nur das schneidenförmige Element einer Laufschaufel bzw. eines Deckbandes oder Schaufelfußes die spanabhebende Funktion erfüllt, oder ob diese Funktion bei 25 mehreren oder allen Laufschaufeln einer Laufschaufelreihe erfüllt wird.

Bezugszeichenliste

- 1 schneidenförmiges Element
- 2 Gegenlauffläche
- 5 3 statische Baugruppe
- 4 rotierende Baugruppe
- 5 Deckband
- 6 Laufschaufel
- 7 Rotationsachse
- 10 8 Spanfläche
- 9 Freifläche
- 10 Aufhängungsmittelachse
- 11 Schneidecke
- 12 Schneidzahn
- 15 13 gehärteter Bereich
- 14 Leitschaufel
- 15 Gehäusewand
- 16 Rotor-Wärmestausegment
- 17 Schaufelfuß
- 20 α Freiformwinkel

Patentansprüche

1. Dichtungsanordnung, die zwischen einer um eine Rotationsachse (7) rotierenden Baugruppe (4) und einer statischen Baugruppe (3) ausgebildet ist,
5 insbesondere als Bestandteil einer Strömungsmaschine, und ein oder mehrere schneidenförmige Elemente (1) an der rotierenden Baugruppe (4) und eine Gegenlauffläche (2) an der statischen Baugruppe (3) aufweist, wobei die ein oder mehreren schneidenförmigen Elemente (1) während der
10 Rotation der rotierenden Baugruppe (4, 6) in die Gegenlauffläche (2) eingreifen, dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest eines der schneidenförmigen Elemente (1) gegenüber der Gegenlauffläche (2) als spanabhebendes Mittel mit geometrisch bestimmter Schneide ausgebildet ist oder sich bei Rotation der rotierenden Baugruppe (4) zu einem derartigen spanabhebenden Mittel ausbildet.
15
- 20 2. Dichtungsanordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das zumindest eine schneidenförmige Element (1) als Ganzes durch Ausbildung einer Spanfläche (8) und einer Freiformfläche (9) gegenüber der Gegenlauffläche (2) die geometrisch bestimmte Schneide bildet.
25
- 30 3. Dichtungsanordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

- 20 -

dass das zumindest eine schneidenförmige Element (1) eine aufgesetzte oder integrierte geometrisch bestimmte Schneide aufweist.

5 4. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,
dass die Gegenlauffläche (2) als Wabendichtung, Filz oder poröses Material ausgeführt ist.

10 5. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,
dass die rotierende Baugruppe (4) eine Laufschaufelreihe mit Laufschaufeln (6) einer Gasturbine ist.

15 6. Dichtungsanordnung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Laufschaufeln (6) Deckbänder (5) aufweisen, an denen die schneidenförmigen Elemente (1) angeordnet sind.

20 7. Dichtungsanordnung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass alle schneidenförmigen Elemente (1) der Deckbänder (5) gegenüber der Gegenlauffläche (2) als spanabhebendes Mittel mit geometrisch bestimmter Schneide ausgebildet sind oder sich bei Rotation der Laufschaufeln (6) zu einem derartigen spanabhebenden Mittel ausbilden.

25 30 8. Dichtungsanordnung nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass bei einer Ausgestaltung des zumindest einen

schneidenförmigen Elementes (1) mit einem von Null verschiedenen Freiformwinkel α gegenüber der Gegenlauffläche (2) die Laufschaufeln (6) mit den Deckbändern (5) derart aufgebaut sind, dass sich der Freiformwinkel α gegenüber der Gegenlauffläche (2) bei Überschreiten eines Drehzahl- oder Temperaturbereiches der rotierenden Baugruppe aufgrund von Deformationskräften verkleinert.

10 9. Dichtungsanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschaufeln (6) mit den Deckbändern (5) derart aufgebaut sind, dass sich der Freiformwinkel α aufgrund thermischer Deformation der Anordnung aus Laufschaufeln (6) und Deckbändern (5) verkleinert.

15 10. Dichtungsanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschaufeln (6) mit den Deckbändern (5) derart aufgebaut sind, dass sich der Freiformwinkel α aufgrund der am Deckband (5) angreifenden rotatorischen Kräfte verkleinert.

20 25 11. Dichtungsanordnung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Ausgestaltung des zumindest einen schneidenförmigen Elementes (1), bei der im nicht rotierenden Zustand der Laufschaufeln (6) kein Freiformwinkel gegenüber der Gegenlauffläche (2) vorliegt, die Laufschaufeln (6) mit den Deckbändern (5) derart aufgebaut sind, dass bei Rotation der Laufschaufeln (6) ein von Null

verschiedener Freiformwinkel α des zumindest einen schneidenförmigen Elementes (1) gegenüber der Gegenlaufläche (2) aufgrund von Deformationskräften entsteht.

5

12. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die rotierende Baugruppe (4) ein Rotor-Wärmestausegment (16) einer Gasturbine ist.

10

13. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die statische Baugruppe (3) eine Leitschaufelreihe (14) einer Gasturbine ist.

15

14. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die statische Baugruppe (3) das Gehäuse (15) einer Gasturbine ist.

20

15. Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die geometrisch bestimmte Schneide im Bereich der Spanfläche (8) partiell gehärtet ist.

25

16. Strömungsmaschine mit einer Dichtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 15.

17. Strömungsmaschine nach Anspruch 16,

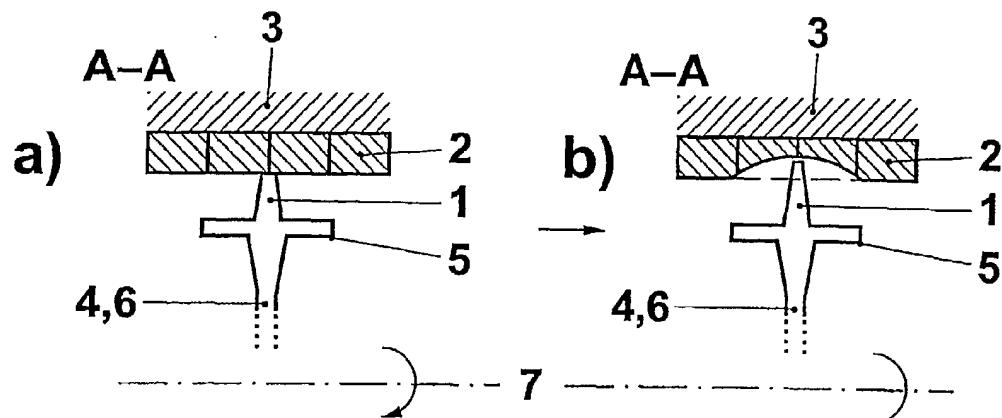
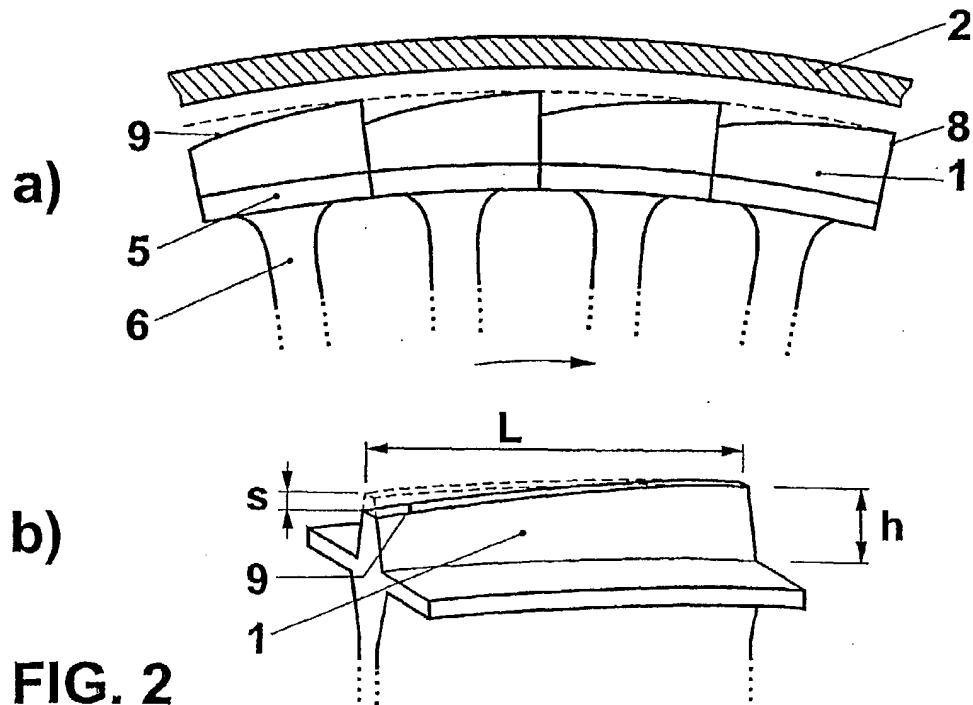
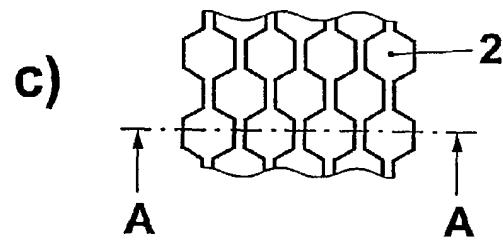
30

- dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtungsanordnung zwischen einer Laufschaufelreihe (6) und einer Gehäusewand (15) und/oder zwischen einer Laufschaufelreihe (4) und

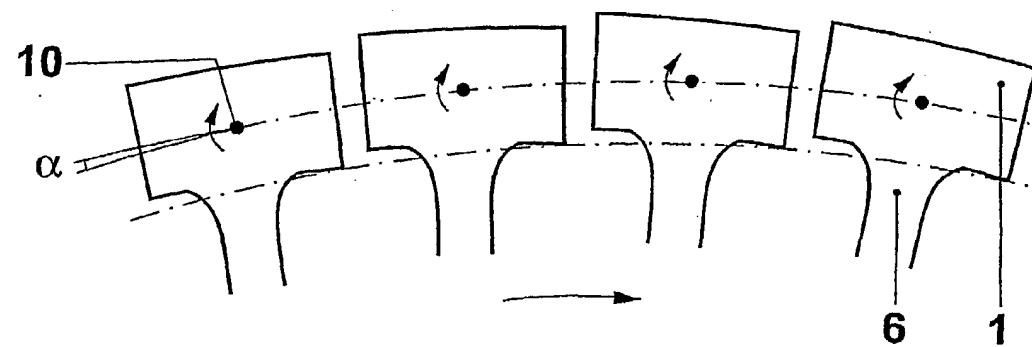
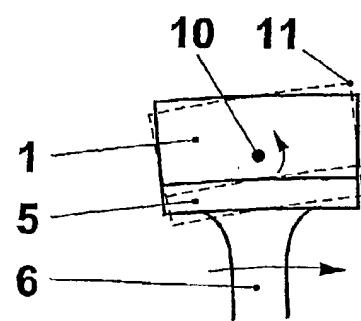
- 23 -

einer Leitschaufelreihe (14) und/oder zwischen einem Wärmestausegment (16) und einer Gehäusewand (15) und/oder zwischen einem Wärmestausegment (16) und einer Leitschaufelreihe (14) ausgebildet ist.

1 / 5

**FIG. 1****FIG. 2**

2 / 5

**FIG. 3****FIG. 4**

3 / 5

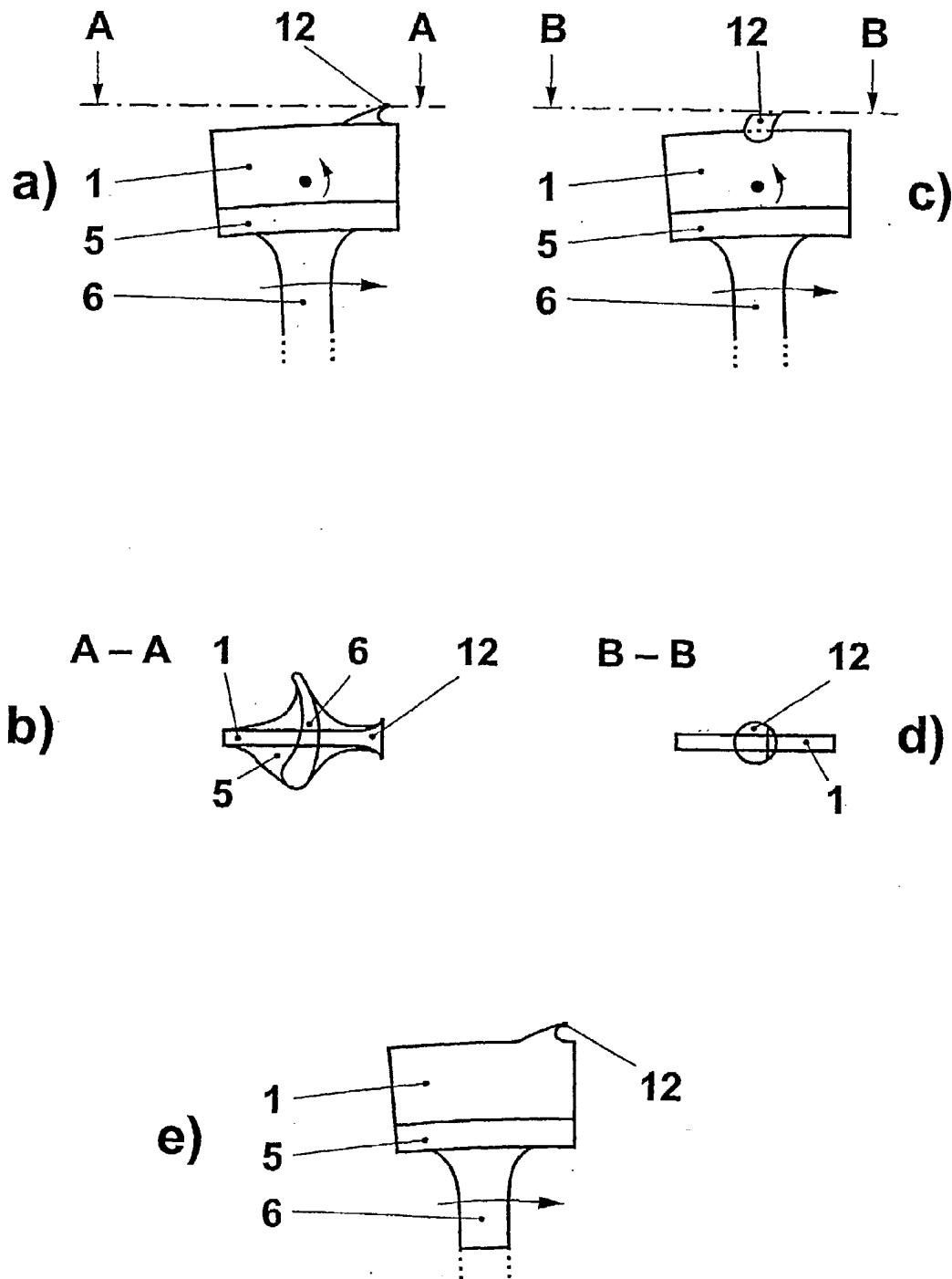
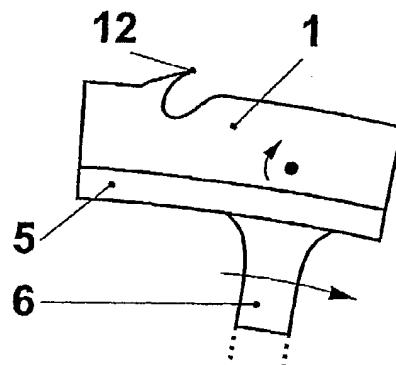
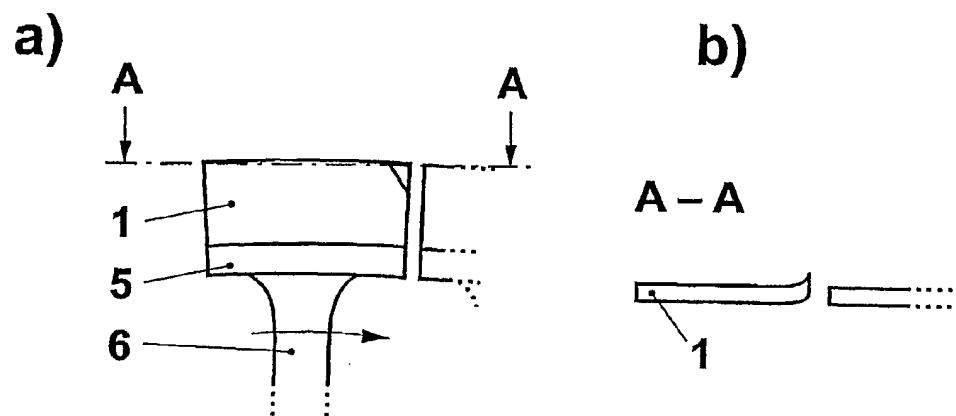
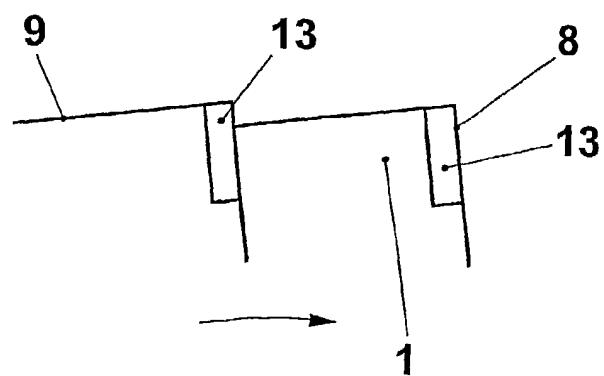
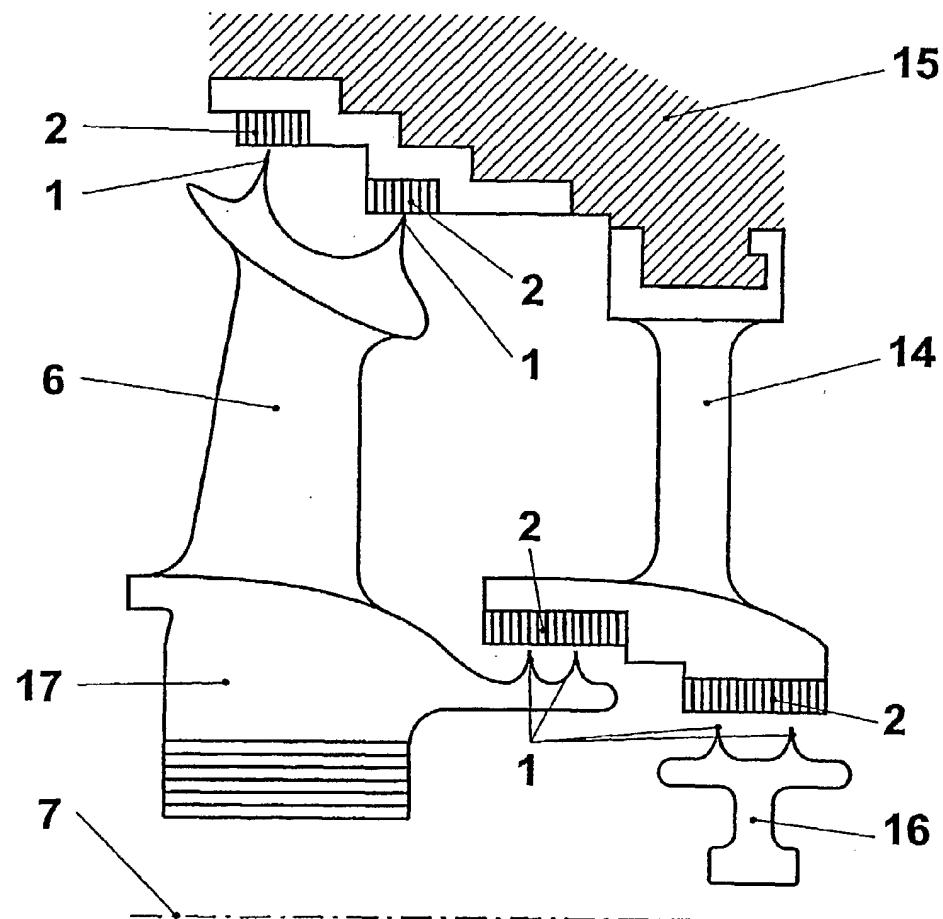


FIG. 5

4 / 5

**FIG. 6****FIG. 7****FIG. 8**

5 / 5

**FIG. 9**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

tional Application No
PCT/IB 01/01750

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F01D5/22 F01D5/20 F01D11/08 F16J15/447

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	SU 792 014 A (BULYCHEV NIKOLAJ YA;DEGTYAREV IVAN YA; DENISOVA ELENA P; SMIRNOV GENNA) 30 December 1980 (1980-12-30) abstract; figure 2	1-4
Y	---	5,6, 12-17
Y	US 3 339 933 A (PHILLIPS FOSTER WILLIAM) 5 September 1967 (1967-09-05)	5,6, 12-17
A	the whole document	1,3
X	---	
X	US 4 957 411 A (SNECMA) 18 September 1990 (1990-09-18) column 2, line 15 - line 22; figure 2A	1-5, 14-17
X	US 4 274 806 A (GALLARDO JR VICENTE C) 23 June 1981 (1981-06-23) figures 1,4	1-5, 14-17
	---	-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 November 2001

Date of mailing of the International search report

28/11/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Iverus, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No
 PCT/IB 01/01750

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 292 250 A (UNION CARBIDE CORP) 23 November 1988 (1988-11-23) column 2, line 51 -column 3, line 16; figures 1-4 ---	1-7, 14-17
X	US 5 756 217 A (FISCHER HERBERT ET AL) 26 May 1998 (1998-05-26) column 1, line 62 -column 2, line 16; figures 1,4 column 5, line 10 - line 27	1-5, 14-17
A	US 3 537 713 A (MATTHEWS JENNIFER V ET AL) 3 November 1970 (1970-11-03) figures 1-3	1,12
A	US 3 185 441 A (HERMANN REUTER) 25 May 1965 (1965-05-25) figure 2	8-11
A	US 3 545 882 A (WILLIAMSON DOUGLAS HERBERT) 8 December 1970 (1970-12-08) figure 2	8-11
A	EP 0 666 407 A (ROLLS ROYCE PLC) 9 August 1995 (1995-08-09)	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/IB 01/01750

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
SU 792014	A	30-12-1980	SU	792014 A1	30-12-1980
US 3339933	A	05-09-1967	BE DE GB JP	676992 A 1525455 A1 1106261 A 49013810 B	18-07-1966 26-06-1969 13-03-1968 03-04-1974
US 4957411	A	18-09-1990	FR DE EP	2615254 A1 3860869 D1 0291407 A1	18-11-1988 29-11-1990 17-11-1988
US 4274806	A	23-06-1981	DE FR GB IT JP	3009863 A1 2459363 A1 2052644 A ,B 1130931 B 56002402 A	22-01-1981 09-01-1981 28-01-1981 18-06-1986 12-01-1981
EP 0292250	A	23-11-1988	US CA DE EP KR	4884820 A 1324166 A1 3869657 D1 0292250 A1 9310259 B1	05-12-1989 09-11-1993 07-05-1992 23-11-1988 16-10-1993
US 5756217	A	26-05-1998	DE EP US	4432998 C1 0702130 A2 6171351 B1	04-04-1996 20-03-1996 09-01-2001
US 3537713	A	03-11-1970	NONE		
US 3185441	A	25-05-1965	CH GB	397722 A 979392 A	31-08-1965 01-01-1965
US 3545882	A	08-12-1970	CH DE FR FR GB	492871 A 1901464 A1 2000324 A5 2000325 A5 1194061 A	30-06-1970 07-08-1969 05-09-1969 05-09-1969 10-06-1970
EP 0666407	A	09-08-1995	DE DE EP US	69409498 D1 69409498 T2 0666407 A2 5556257 A	14-05-1998 13-08-1998 09-08-1995 17-09-1996